Die stickstoffhaltigen Reservestoffe in den vegetativen Organen der Pflanze.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT ROSTOCK

VORGELEGT VON

FRANZ SPOTTKE

APPROB. APOTHEKER

AUS VOLKMANNSDORF.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

BERLIN.

DRUCK VON GEBR. ENGELKE, ORANIEN-STRASSE 189.

Referent: Professor Dr. Falkenberg.

Meinen lieben Eltern

in

Verehrung und Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552717_0096

I.

Allgemeines.

Die Pflanzen verbrauchen gegen das Ende der Vegetationsperiode nicht sofort alle assimilirten Stoffe. Es häufen sich in Folge dessen in gewissen Geweben bestimmte Stoffe an, die von Hartig mit dem Namen Reservestoffe bezeichnet worden sind.

Bei den einjährigen Pflanzen sind die Samen die einzigen Reservestoffbehälter, bei den ausdauernden Kräutern dienen dem gleichen Zwecke neben den Samen besonders die unterirdischen Organe als Wurzeln, Rhizome, Knollen und Zwiebeln, bei den Bäumen sind die verschiedensten Elemente der Wurzeln, Stämme, Aeste und Zweige befähigt als Speichergewebe zu dienen. Besonders das Mark, die Markstrahlen, das Holzparenchym, der Siebtheil und das Kambium gelten als hervorragende Reservespeicher. Bei den immergrünen Pflanzen vermögen sogar die Blätter Reservestoffe zu speichern.

Man unterscheidet stickstofffreie oder zellhautbildende und stickstoffhaltige oder protoplasmabildende Reservestoffe. Zu den stickstofffreien gehören Stärke, Zucker, Inulin, Verdickungsschichten der Zellmembran, die aus Reservecellulose und Amyloid bestehen, fettes Oel und Gerbsäure. Zu den stickstoffhaltigen zählen besonders Protoplasma, Eiweissstoffe, Amide und Nitrate. Im Frühjahr wandern alle diese Stoffe — ev. in flüssige Substanzen verwandelt — nach den Orten des Verbrauchs, als den Vegetationspunkten der

Wurzeln und des Stengels, dem Kambium und den Blattanlagen hin, um daselbst zum Aufbau neuer Organe zu dienen.

Während die stickstofffreien Reservestoffe bereits von vielen Seiten in eingehender Weise sowohl bezüglich ihres Vorkommens als ihrer Wanderung und Umsetzung erforscht und beschrieben worden sind, trifft ein Gleiches für die stickstoffhaltigen nicht zu. Man weiss zwar, dass Eiweissstoffe, Amide und Nitrate auch als Reservestoffe dienen können, dagegen finden sich in Bezug auf deren Vorkommen, sowie Mengenverhältnisse minder reiche Angaben.

Durch freundlichen Hinweis seitens des Herrn Professor Dr. Frank hierzu angeregt, versuchte ich es im Folgenden einige Mittheilungen über die stickstoffhaltigen Reservestoffe in den vegetativen Organen der Pflanzen zu machen. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die Wurzeln ausdauernder Kräuter, die jüngsten Zweige einiger Holzgewächse und die immergrünen Blätter mehrerer Pflanzen. Da mit der Untersuchung der erwähnten Pflanzentheile auf ihre stickstoffhaltigen Bestandtheile auch eine vergleichende Beobachtung der stickstofffreien Reservestoffe nebenher ging, sah ich mich veranlasst, bei der Untersuchung der immergrünen Blätter auf das Wechselverhältniss zwischen Stärke und Gerbstoff etwas näher einzugehen.

Nicht unerwähnt will ich lassen, dass die quantitativen Analysen sehr genau ausgeführt worden sind, und, da die zwei- bis dreimaligen Wiederholungen stets gleiche Resultate lieferten, Anspruch auf unbedingte Richtigkeit haben.

Sämmtliche Arbeiten führte ich im Institut für Pflanzenphysiologie und Pflanzenschutz der Königl. Landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin aus, und es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Leiter desselben, Herrn Professor Dr. Frank, für sein beständiges Interesse an meiner Arbeit an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

II.

Methodisches.

Zur Untersuchung gelangten:

1. Wurzeln von Lathyrus silvester,
   Medicago sativa,
   Taraxacum officinale.
2. Zweige von Robinia Pseudacacia,
   Syringa vulgaris.
3. Blätter von Hedera Helix,
   Buxus sempervirens,
   Pinus silvestris.

Sämmtliche Pflanzentheile mit Ausnahme der Kiefernnadeln stammten aus dem Garten der Kgl. Hochschule. Die Kiefernnadeln wurden einem etwa 10 Jahre alten Baum aus dem Grunewald bei Berlin entnommen. Gesammelt wurde das Material immer Nachmittags zwischen 2—3 Uhr.

Mit Ausnahme von Pinus, bei der auch zweijährige Nadeln zur Untersuchung gelangten, waren sowohl Zweige als Blätter einjährig. Andere Pflanzentheile wurden nur zur Erledigung einzelner Fragen berücksichtigt.

Obige Pflanzenorgane wurden in folgender Weise zur Untersuchung vorbereitet:

Die gesammelten Wurzeln, Zweige und Blätter wurden mit Wasser gut abgespült, die Zweige von Dornen, Blättern und Knospenanlagen befreit und hierauf sowohl einer mikroskopischen als mikrochemischen Untersuchung unterzogen.

Von jedem Material wurde ein Theil gesondert bei 50—60° C getrocknet und zu einem groben Pulver zermahlen.

In dieser Form gelangte es zur qualitativen und quantitativen Untersuchung. Von jedem Pflanzenpulver wurden die Trockengewichte bestimmt und die bei den quantitativen Bestimmungen gefundenen Resultate auf % der Trockensubstanz umgerechnet.

In Betracht kam die **quantitative Bestimmung des Stickstoffes, der Salpetersäure, des Asparagin's und nebenher die der Gerbsäure.** Zum mikrochemischen und qualitativen Nachweise bediente ich mich folgender Reagentien:

Zur Erkennung des **Stärkemehls** wandte ich die bekannte Jodjodkaliumlösung an. In zweifelhaften Fällen wurden die Schnitte in Kalilauge gebracht, um die Stärke zum Aufquellen zu bringen, alsdann mit Essigsäure neutralisirt, gut ausgewaschen und schliesslich mit Jodlösung behandelt.

Bei Blatt-Schnitten bediente ich mich daneben auch der Javelle'schen Lauge oder einer starken Lösung von Chloralhydrat, um das Chlorophyll möglichst zu zerstören und die Blaufärbung besser hervortreten zu lassen.

Der **Gerbstoff** scheidet sich beim Einlegen mässig dicker Schnitte in eine conc. Kaliumbichromatlösung in Form brauner Klumpen aus.

Von der grossen Menge der zum mitrochemischen Nachweise der **Eiweissstoffe** empfohlenen Reagentien bediente ich mich hauptsächlich der Jodlösung, wodurch die Proteinstoffe mehr oder minder braun gefärbt werden, sowie der Färbungsmethoden mit Gierke's Eosin oder Delafield'scher Haematoxylinlösung. Die Eiweissstoffe absorbiren reichlich den hell- bezw. dunkelrothen Farbstoff.

Zur Erkennung der **Nitrate** wandte ich das von Molisch[1]) empfohlene Diphenylamin an und zwar in einer Lösung von 1 g in 100 ccm reiner Schwefelsäure. Die Gegenwart von

[1]) Molisch, Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft. 1883. Seite 150.

Salpetersäure zeigt sich durch eine tiefblaue Färbung an. Allerdings geben auch andere oxydirende Mittel, wie salpetrige Säure, Chlorsäure, Braunstein und Wasserstoffsuperoxyd dieselbe Reaktion, doch sind alle diese Stoffe mit Ausnahme der salpetrigen Säure in den Pflanzen nicht vorhanden.

Andere Pflanzenstoffe geben, wie von Frank[1]) festgestellt, weder eine gleiche Färbung mit Diphenylamin, noch verhindern dieselben das Eintreten der Reaktion.

Die Prüfung auf **salpetrige Säure** geschah mittelst einer Auflösung von 1 g Meta-Phenylendiamin in 100 ccm verdünnter Schwefelsäure: Nitrite zeigen sich durch eine braune Färbung an.

Die Untersuchung auf **Ammoniak** geschah mittelst Nessler's Reagens. Selbst Spuren von Ammoniumverbindungen zeigen sich durch eine Gelbfärbung an.

Auf **Asparagin** wurde nach der Methode von Pfeffer durch Einlegen der Schnitte in Alcohol geprüft. Bei frischen Schnitten setzte ich nur soviel Weingeist zu, als hinreichend war, dieselbe zu durchtränken. Es wurde daher ein Wegschlämmen der sich ausscheidenden Krystalle möglichst verhindert. Ich wandte nicht zu dünne Längsschnitte an. Sowohl bei Querschnitten, als sehr dünnen Längsschnitten verbreitet sich sofort das im Zellsaft gelöste Asparagin über die ganze Schnittfläche und darüber hinaus, so dass es unmöglich ist den Sitz desselben mit Sicherheit anzugeben.

Die **quantitative Bestimmung** des **Stickstoffes** geschah nach der Kjeldahl-Wilfarth'schen Methode, welche, wie zahlreiche Kontroll-Analysen ergaben, unbedingt sichere Resultate liefert. Dieselbe gründet sich darauf, dass die stickstoffhaltige organische Substanz mit conc. Schwefelsäure bei Gegenwart oxydirender Mittel erhitzt zu schwefelsaurem Ammonium verbrannt wird. Mittelst Natronlauge wird alsdann das Ammoniak überdestillirt und maassanalytisch bestimmt. Die Ausführung war folgende: 1—3 g der Substanz

---

[1]) **Frank.** Ernährung der Pflanzen mit Stickstoff. 1888. Seite 13.

wurden mit 20 ccm conc. Schwefelsäure und einigen Tropfen Quecksilber in einem Kolben (anfangs vorsichtig) erhitzt, bis die Flüssigkeit entfärbt oder schwach gelblich gefärbt erscheint. Nach dem Erkalten verdünnte ich mit Wasser, spülte in einen 500 bis 1000 ccm fassenden Kolben, setzte 30 g einer 5% Schwefelleberlösung, 10 bis 20 g Zinkstaub und 100 g reiner Natronlauge zu und verband sofort mit dem Destillationsapparat. Zum Auffangen des Ammoniaks dienten als Vorlage 50 oder mehr ccm $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure. Ich destillirte so lange, bis das Destillat nicht mehr alkalisch reagirte, titrirte die überschüssige Schwefelsäure mit Normallauge unter Zusatz von Congoroth als Indikator und berechnete aus der Differenz zwischen der vorgelegten und der zurücktitrirten Schwefelsäure den Stickstoff. Enthielten die zu untersuchenden Substanzen Nitrate, so erfuhr die erwähnte Methode eine Abänderung, da sonst der Stickstoffgehalt der Salpetersäure in Form von Stickoxydgas entweichen würde. Ich bediente mich dann des v. Asbothschen Verfahrens, welches darin besteht, dass die stickstoffhaltige Substanz mit Schwefelsäure und schwefelsaurem Kupfer unter Zusatz von 1 g Zucker verbrannt wird.

Aus der Menge des Gesammtstickstoffes lässt sich der Gehalt an **Eiweissstoffen** leicht berechnen, indem man den in Form von löslichen Stickstoffverbindungen gefundenen Stickstoff von dem gesammten Stickstoff in Abzug bringt und die Differenz mit 6,25 multiplizirt.

Die **quantitative Bestimmung** der **Salpetersäure** geschah nach der verbesserten Methode von Schultze-Tiemann. Dieselbe gründet sich auf der Zersetzung der nitrathaltigen Flüssigkeit im luftleeren Kölbchen mittelst Salzsäure und Eisenchloridlösung. Die Salpetersäure, aus ihren Verbindungen durch die Salzsäure in Freiheit gesetzt, oxydirt die Eisenverbindung, sich dabei zu Stickoxydgas reduzirend. Dieses Gas wird im Maasscylinder unter Wasser aufgefangen und aus dem Volumen desselben die Salpetersäure berechnet.

Selbst die kleinsten Nitratmengen lassen sich mit Sicherheit bestimmen.

Die **quantitative Bestimmung** des **Asparagin's** geschah nach Sachsse[1]) und gründet sich darauf, dass das Asparagin durch längeres Kochen mit Salzsäure in Asparaginsäure und Ammoniak sich spalten nach der Gleichung:

$$C_4 H_8 N_2 O_3 + H Cl + H_2 O = C_4 H_7 N O_4 + N H_4 Cl.$$

Den in Form von Ammoniak befindlichen Stickstoff bestimmte ich nach der Methode von Knop[2]) mittelst unterbromigsaurem Natrium:

$$2\ N H_4 Cl + 3\ Na Br O + 2\ Na O H =$$
$$2\ N + 2\ Na Cl + 3\ Na Br + 5\ H_2 O.$$

14 Theile dieses Stickstoffes entsprechen 132 Theilen wasserfreiem Asparagin.

Die Ausführung war folgende:

Es wurden etwa 10,0 des gepulverten Pflanzentheiles mit 200 ccm einer Mischung aus gleichen Raumtheilen Wasser und Alkohol $^1/_4$ Stunde unter Rückflusskühlung gekocht, noch heiss mit 5 ccm kaltgesättigter alkoholischer Quecksilberchloridlösung, welche mit ebensoviel Wasser verdünnt worden, gemengt und filtrirt. Das Filter wurde mit heissem 50 % Weingeist abgewaschen, Filtrat und Wasser verdunstet. Der Rückstand ward in wenig Wasser gelöst, mit $H_2 S$ gefällt und filtrirt. Der Niederschlag wurde mit heissem Wasser ausgewaschen, so dass schliesslich Filtrat und Waschwasser 110—120 ccm betrugen. Diese Flüssigkeit wurde dann unter Zusatz von 10 ccm Salzsäure eine Stunde unter Rückflusskühlung gekocht, wobei Asparagin in Ammoniak und Aparaginsäure zerfällt, dann in ammoniakfreier Atmosphäre abgekühlt, mit reiner Kalilauge schwach alkalisch gemacht und der Ammoniak-Stickstoff durch Bromlauge im Azotometer bestimmt.

---

[1]) **Sachsse,** Journal f. prakt. Chemie. N. F. 6 Bd. Seite 118.

[2]) **Knop,** Chem. Centr. Bl. 1860. Seite 257.
Zeitschrift f. analytische Chemie. 9. Bd., S. 225.

Die quantitative Bestimmung der Gerbsäure geschah nach Gautier in folgender Weise:

2 g Substanz wurden dreimal mit je 100 ccm Wasser $^1/_2$ Stunde lang ausgekocht, die filtrirten Auszüge vereinigt, bis nahezu zum Sieden erhitzt und mit 20—30 ccm Kupferacetatlösung (1 : 25) gefällt. Der entstandene braune Niederschlag wird abfiltrirt, mit heissem Wasser ausgewaschen, getrocknet, in einem Porzellantiegel eingeäschert, nach dem Erkalten mit Salpetersäure befeuchtet, wieder geglüht und gewogen. Aus dem gefundenen Kupferoxyd berechnete ich dann die Gerbsäure. 1 g Kupferoxyd entspricht 1,3061 g Tannin.

III.

Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung.

1. Wurzeln.

A. Lathyrus silvester.

Im **Sommer.**

Gesammelt am 24. Juli.

Es wurden Längs- und Querschnitte aus verschiedenen Theilen der Wurzeln mit Jodlösung behandelt. Es fanden sich in den Markstrahlen und im Phloemparenchym einzelne Körner transitorischer Stärke abgelagert.

Phloem und Kambium zeigten sich dunkelbraun gefärbt. Dieselben Gewebe zeichneten sich auch nach der Färbung mit Eosin und Haematoxylin durch eine reiche Farbstoffaufspeicherung aus.

Salpetersäure fand sich nur in den Zellen der Mittelrinde. Ich fand die Beobachtung Frank's bestätigt, wonach Zellen mit grossen Safträumen die Nitrate zu bergen pflegen.

Salpetrige Säure sowie Ammoniak fehlten.

Asparagin fand sich in zahlreichen Rindenzellen.

Im **Winter.**

Am 20. Januar des folgenden Jahres demselben Standorte entnommen.

Stärkemehl fand sich in ausserordentlich zahlreicher Menge sowohl in der primären als in der sekundären Rinde,

dem Holzparenchym, Mark und Markstrahlen. Besonders das Phloem und die Markstrahlen waren ganz dicht damit erfüllt.

Das Innere der meisten Phloemzellen sowie das gesammte Kambium nahm durch Jodlösung eine dunkelbraune, bei der Färbung mit Eosin eine tiefrothe Färbung an, woraus sich auf einen reichen Inhalt von Eiweissstoffen schliessen liess.

Nitrate fanden sich sowohl in der Rinde als auch im Mark.

Nitrit- und Ammoniakverbindungen fehlten.

Asparagin fand sich reichlich in den Rindenzellen.

B. Medicago sativa.

Im **Sommer.**

Gesammelt am 25. Juli.

Es fanden sich nur in vereinzelten Zellen des Phloemparenchyms und der Markstrahlen winzig kleine Körner transitorischer Stärke.

Eiweissstoffe füllten reichlich das Phloem und das Kambium.

Salpetersäure, salpetrige Säure sowie Ammoniak fehlten.

Asparagin fand sich in zahlreichen Rindenzellen.

Im **Winter.**

Gesammelt am 20. Januar des folgenden Jahres an demselben Standorte.

Stärke fand sich reichlich in den Markstrahlen, dem Holz- und Phloemparenchym.

Das Verhalten der verschiedensten Längs- und Querschnitte sowohl gegen Jodlösung als auch gegen die erwähnten Färbungsmittel lässt deutlich erkennen, dass die Winterwurzeln der Luzerne bedeutend reicher an Proteinstoffen sind als die entsprechenden Sommerwurzeln. Be-

sonders reichlich fanden sich dieselben im Phloem und Kambium aufgespeichert.

Auch hier wurde die vollständige Abwesenheit von Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumverbindungen festgestellt.

Asparagin liess sich in zahlreichen Rindenzellen nachweisen.

C. Taraxacum officinale.

Im **Sommer.**

Gesammelt am 20. Juni.

Kein Stärkemehl; dagegen schieden sich beim Einlegen der Schnitte in Alkohol in verschiedenen Rindenzellen die charakteristischen Sphaerokrystalle des Inulins aus.

Mit Eosin zeigten sich die Lumina der Rinden-, Holz- und Markzellen blassroth, hingegen die der Phloem- und Kambiumzellen dunkelroth gefärbt. Jodlösung bewirkte eine entsprechend braune Färbung.

Salpetersäure wurde in den meisten Rindenzellen nachgewiesen, dagegen fanden sich weder salpetrige Säure noch Ammoniak.

Asparagin fand sich in zahlreichen Rindenzellen.

Im **Winter.**

Gesammelt von demselben Standorte am 22. Dezember.

Kein Stärkemehl, dahingegen Inulin in zahlreichen Holz- und Rindenzellen.

Die mit Eosin gefärbten Schnitte zeigten eine ähnliche Rothfärbung wie im Sommermaterial, nur die Zellen des Phloems und des Kambiums hatten bedeutend mehr Farbstoff aufgespeichert. Ein gleiches Verhalten ergaben auch die mit Jodlösung behandelten Schnitte.

Salpetersäure, salpetrige Säure und Ammoniak fehlten.

Asparagin war reichlich in der Rinde vorhanden.

---

2. Zweige.

A. Robinia Pseudacacia.

Im **Sommer.**

Entnommen am 7. August.

Stärkemehl fand sich nur in einzelnen Zellen des Phloems und der Stärkescheide.

Durch Jodlösung und Eosin wurde der Siebtheil und das Kambium braun bezw. roth gefärbt.

Salpetersäure war in der Rinde vorhanden. Dieselbe war jedoch nur auf einzelne Stellen derselben beschränkt. Demnach ist die von Molisch aufgestellte Ansicht, dass in den Holzpflanzen Nitrat überhaupt fehle, nicht zutreffend.

Salpetrige Säure, Ammoniak sowie Asparagin fehlten.

Im **Winter.**

Gesammelt von demselben Baume wie im Sommer am 16. Dezember.

Stärkemehl fand sich ziemlich reichlich im Holzparenchym, minder reichlich in den Markstrahlen, dagegen war das Mark sowie die gesammte Rinde stärkefrei. Der Inhalt der Stärkescheide war demnach mit der Ausbildung des Bastcylinders vollständig verbraucht. Dahingegen liessen sich vereinzelte Oeltröpfchen im Phloemparenchym nachweisen, wonach ich Russow's Beobachtung bestätigt fand, dass bei den Holzpflanzen im Herbst die in der Rinde der Zweige abgelagerte Stärke sich ganz oder theilweise in Fett umwandelt, um im Frühjahr wieder in Stärke umgebildet und verbraucht zu werden.

Durch die Jodlösung wurden sowohl die Phloemelemente als auch die Kambiumzone tief dunkelbraun gefärbt. Auch Eosin speichern diese Elemente bedeutend mehr als die entsprechenden Elemente des Sommermaterials. Dieses Verhalten lässt darauf schliessen, dass die Zweige im Winter proteinreicher sind als im Sommer. Dass das Phloem besonders als Speicher für reichliches Plasma bezw. Eiweiss-

stoffe dient, wird auch von Blass[1]) bestätigt. Derselbe fand bei den von ihm untersuchten Holzpflanzen, als Syringa vulgaris, Fraximus excelsior, Betula vulgaris Quercus, Populus, Tilia während des Winters im Siebtheil einen reichlicheren Plasmainhalt als in den entsprechenden Elementen während der Vegetationsperiode. Er knüpft gleichfalls an diese Beobachtung die Folgerung, dass die Pflanze in diesen Organen während des Winters Material aufspeichert, um im Frühjahr bei beginnender Vegetation das Kambium mit Nährstoffen versorgen zu können.

Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak und Asparagin fehlten vollständig.

B. Syringa vulgaris.

Im **Sommer.**

Gesammelt am 26. Juni.

Die Behandlung zahlreicher Längs- und Querschnitte mit Jodlösung liess erkennen, dass in der chlorophyllführenden grünen Rinde viel Stärke vorhanden war. Besonders die die Bastzellen umschliessende Stärkescheide war reichlich damit erfüllt. Auch fand sich Stärkemehl in einzelnen Zellen des Phloems, der Markstrahlen und des Holzparenchyms.

Bezüglich der Eiweissstoffe zeigte Syringa ein gleiches Verhalten wie Robinia.

Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak und Asparagin waren nicht vorhanden.

Im **Winter.**

Entnommen von demselben Baume am 21. Januar des folgenden Jahses.

---

[1]) **Blass,** Untersuchung über die physiologische Bedeutung des Siebtheils der Gefässbündel. Pringsheims Jahrbücher, Band XXII, Seite 267.

Reichhaltiges Stärkemehl fand sich in den Markstrahlen und im Holzparenchym. Vereinzelte Stärkekörner konnten im Phloem nachgewiesen werden. Dagegen war die Stärkescheide fast stärkefrei, da die Bastzellen nun vollständig ausgebildet waren.

Die Färbungsmethoden ergaben eine reichlichere Anhäufung von Eiweissstoffen als in der Vegetationsperiode.

Nitrate, Nitrite, Ammoniumverbindungen und Asparagin fehlten auch hier vollständig.

3. Blätter.

A. Buxus sempervirens.

Im **Sommer.**

Gesammelt am 16. Juli.

Das gesammte chlorophyllführende Blattgewebe war bis unter die Epidermis mit Stärkemehl dicht erfüllt. Ausserdem fanden sich vereinzelte Stärkekörner in einigen Zellen des Phloemparenchyms.

Lebhaft roth wurde das Innere des Phloems durch die Eosinlösung gefärbt.

Asparagin liess sich im Phloemparenchym nachweisen.

Salpetersäure, salpetrige Säure und Ammoniak sind nicht vorhanden.

Im **Winter.**

Gesammelt am 27. November von demselben Strauche wie im Sommer.

Stärkemehl war nicht mehr vorhanden.

Eine vergleichende Beobachtung von Sommer- und Winterblättern bezüglich ihrer Farbstoffaufspeicherung lässt darauf schliessen, dass der Proteingehalt der Blätter während der Vegetationsruhe eine Zunahme nicht erfahren hat.

Asparagin, Salpetersäure, salpetrige Säure und Ammoniak fehlten.

B. Hedera Helix.

Im **Sommer.**

Gesammelt am 26. Juni.

Stärkemehl fand sich im Mesophyll in ziemlich reichlicher Menge.

Das Phloem zeichnete sich besonders durch reichlichen Eiweissgehalt aus.

Asparagin fand sich im Phloemparenchym und Kambium.

Nitrate, Nitrite und Ammoniumverbindungen fehlten.

Im **Winter.**

Gesammelt am 26. November von denselben Pflanzen wie im Sommer.

Amylum fehlte vollständig.

Auch hier liessen die Färbungsversuche auf reichlich vorhandene Proteinstoffe schliessen.

Auch hier fehlten Nitrat-, Nitrit-, Ammoniumverbindungen sowie Asparagin.

C. Pinus silvestris.

1. Einjährige Nadeln.

Im **Sommer.**

Gesammelt am 1. Juli.

Das gesammte Assimilationsgewebe war erfüllt mit Stärkemehl. Ferner fand sich dasselbe in fast sämmtlichen Zellen der Parenchymscheide und in einigen Holzparenchymzellen.

Durch Jod- oder Eosinlösung nahmen die gesammten Assimilationszellen, die Schliess- und Secernirungszellen, das

Phloem- und Holzparenchym, sowie auch die Lumina der meisten Bastzellen eine dunkelbraune bezw. rothe Farbe an.

Asparagin fand sich im Phloemparenchym.

Anorganische Stickstoffverbindungen fehlten.

Im **Winter.**

Gesammelt am 20. November von demselben Baume.

Amylum fand sich nur noch in Form winzig kleiner Körnchen in den meisten Zellen der Parenchymscheide und einigen Zellen des Holzparenchyms. Dagegen war das Mesophyll vollständig stärkefrei.

Sowohl durch Jod als durch Eosin färbt sich das Innere des Siebtheils, der Schliess- und Secernirungszellen dunkelbraun bezw. intensiv roth. Eine minder lebhafte Färbung zeigt das Assimilationsgewebe, die Parenchymscheide und das Holzparenchym. Gefärbt erscheinen auch die Lumina der die Oelräume umschliessenden Bastzellen. Dieselben enthalten demnach noch Protoplasma. In gleicher Weise gefärbte Schnitte sowohl der Sommer- als der Winternadeln zeigen eine ziemlich gleichmässige Farbstoffaufspeicherung und lassen auf einen annähernd gleichwerthigen Proteingehalt schliessen.

Asparagin, sowie anorganische Stickstoffverbindungen sind nicht vorhanden.

2. Zweijährige Nadeln.

Im **Sommer.**

Gesammelt am 1. Juli von demselben Baume.

Stärkemehl fand sich reichlich im Assimilationsgewebe, der Parenchymscheide, dem Holz- und Phloemparenchym und den Schliesszellen.

Bei der Untersuchung auf Eiweissstoffe zeichnete sich das Innere des Phloems durch reichliche Absorbirung des Farbstoffes aus.

Asparagin fand sich im Phloemparenchym.

Anorganische Stickstoffverbindungen fehlten.

Im **Winter.**

Gesammelt am 20. November von demselben Baume.

Das Assimilationsgewebe war vollkommen stärkefrei. Dagegen zeigten sich noch in einigen Zellen der Parenchymscheide und des Holzparenchyms winzig kleine Stärkekörner.

Vergleicht man gleichartig gefärbte Schnitte von Sommer- und Winternadeln, so findet man, dass die letzteren den Farbstoff reichlicher aufspeichern.

Auch hier fanden sich weder Asparagin noch anorganische Stickstoffverbindungen.

IV.

Ergebnisse der Analyse.

Zusammenstellung der quantitativen Resultate an stickstoffhaltigen Bestandtheilen des gesammten Sommer- und Wintermaterials.

Der gefundene Gehalt bezieht sich auf Procente der Trockensubstanz.

A. Gesammtstickstoff.

		im Sommer	im Winter
in **Wurzeln**	Lathyrus silvester	3,722	4,469
	Medicago sativa	2,229	3,413
	Taraxacum officinale	2,112	2,514
in **Zweigen**	Robinia Pseudacacia	0,963	1,215
	Syringa vulgaris	1,057	1,555
in **Blättern**	Buxus sempervirens	3,205	3,196
	Hedera Helix	2,438	2,410
	Pinus silvestris 1 jährig	2,442	2,292
	Pinus silvestris 2 jährig	1,519	1,753

B. Proteinsubstanzen.

		im Sommer	im Winter
in Wurzeln	Lathyrus silvester	22,312	26,143
	Medicago sativa	14,293	19,425
	Taraxacum officinale	12,118	14,206
in Zweigen	Robinia Pseudacacia	5,925	7,593
	Syringa vulgaris	6,606	9,718
in Blättern	Buxus sempervirens	19,756	19,975
	Hedera Helix	14,868	15,062
	Pinus silvestris 1 jährig	14,725	14,325
	Pinus silvestris 2 jährig	9,375	10,956

C. Salpetersäure, wasserfrei als $N_2 O_5$.

		im Sommer	im Winter
in Wurzeln	Lathyrus silvester	0,209	0,359
	Medicago sativa	—	—
	Taraxacum officinale	0,139	—
in Zweigen	Robinia Pseudacacia	0,058	—
	Syringa vulgaris	—	—
in Blättern	Buxus sempervirens	—	—
	Hedera Helix	—	—
	Pinus silvestris 1 jährig	—	—
	Pinus silvestris 2 jährig	—	—

D. Asparagin, wasserfrei.

		im Sommer	im Winter
in Wurzeln	Lathyrus silvester	0,924	1,809
	Medicago sativa	0,906	1,367
	Taraxacum officinal	1,291	2,272
in Zweigen	Robinia Pseudacacia	—	—
	Syringa vulgaris	—	—
in Blättern	Buxus sempervirens	0,421	—
	Hedera Helix	0,563	—
	Pinus silvestris 1 jährig	0,811	—
	Pinus silvestris 2 jährig	0,186	—

Gerbstoffgehalt

der immergrünen Blätter zu verschiedenen Jahreszeiten.

Gerbstoffgehalt bei 100° in %	Anfang Juli	Ende Septbr.	Ende Novbr.	Anfang März
Buxus sempervirens	5,185	5,538	6,075	5,730
Hedera Helix	5,850	6,141	6,903	6,395
Pinus silvestris 1 jähr.	4,401	5,812	6,964	6,397
Pinus silvestris 2 jähr.	5,468	6,135	6,710	6,427

V.

Physiologische Ergebnisse.

A. Stärke und Gerbstoff.

Während in den untersuchten Wurzeln und Zweigen Stärke in hervorragender Weise als Reservestoff auftrat — in den Wurzeln von Taraxacum durch Inulin vertreten — war in den immergrünen Blättern hingegen ein gänzliches Verschwinden derselben beim Eintritt in die Winterruhe festzustellen.

Ich hielt es daher für angezeigt, die Blätter der genannten immergrünen Pflanzen ein Jahr hindurch öfters auf ihren Stärkemehlgehalt zu prüfen und gelangte so zu ganz interessanten Beobachtungen.

Auch die dazu gehörenden Zweige und Blattstiele wurden nebenher auf ihren Stärkegehalt untersucht. Der besseren Uebersicht wegen führe ich nur die Beobachtungen an den Nadeln der Kiefer an, bei denen übrigens beide Jahrgänge gleiches Verhalten zeigten. In den Blättern von Buxus und Hedera fand ich analoge Verhältnisse. Von Ende März bis Ende August war die Assimilation in vollem Gange. Sämmtliche Assimilationszellen, Schliesszellen, Secernirungszellen, Parenchymscheide und die innerhalb derselben befindlichen parenchymatischen Zellen waren mit Stärkemehl erfüllt. Ende August beginnt der Stärkegehalt abzunehmen und zwar von aussen nach innen zu. Während des Oktobers fand ich Stärkemehl nur in einigen der Parenchymscheide benachbarten Assimilationszellen, in den Schliesszellen, der

Parenchymscheide und den innerhalb derselben befindlichen parenchymatischen Zellen. Auch in den Zweigen hatte eine Abnahme an Stärkemehl stattgefunden. Am 17. November fand ich in den Nadeln das Stärkemehl nur in Form kleiner Körnchen im Protoplasma der Parenchymscheide und einigen innerhalb derselben befindlichen Zellen eingebettet. Auch in den Zweigen liess sich Stärkemehl auch nur vereinzelt im Mark und Rinde feststellen. Wenn es Schulze[1]) nicht möglich war, in Nadeln, die er Anfang November untersuchte, Stärkemehl nachzuweisen, so hat das jedenfalls darin seinen Grund, dass das Amylum, je nach den Witterungsverhältnissen, bald früher bald später verschwindet. Sowohl in Nadeln als Zweigen liess die durch Jodlösung gebildete Jodstärke sowohl die charakteristische runde Form als auch die dunkelblaue Farbe vermissen. Man gewann den Eindruck, als ob das Stärkemehl in einer Zersetzung oder Umbildung begriffen sei.

Am 24. November hingegen waren sowohl Nadeln als Zweige bereits vollständig stärkefrei. Selbst die Schliesszellen enthielten keine Spur mehr davon. Nadeln als Zweige enthielten nun bis zum Februar kein Stärkemehl. Von da ab liess sich dasselbe wiederum in Nadeln als Zweigen beobachten. Auch hier entbehrten die Stärkekörner der runden Gestalt, waren sehr klein, und gaben mit Jodlösung eine mehr schwärzliche Färbung. In den Nadeln fand es sich in allen Zellen der Parenchymscheide dem Plasma eingebettet. Die übrigen Gewebe, selbst die Schliesszellen, waren noch stärkefrei. In den Zweigen fand es sich in der primären Rinde, den Markstrahlen und dem Mark. Die fortgesetzten Beobachtungen ergaben, dass von da ab der Stärkegehalt in Nadeln und Zweigen beständig zunahm und zwar von innen nach aussen hin.

Am 23. Februar fand sich Stärke ausser in der Parenchymscheide und einigen innerhalb derselben befindlichen

[1]) **Schulze.** Flora 1888. Seite 229.

Parenchymzellen auch in einigen an die Parenchymscheide grenzenden Assimilationszellen.

Am 2. März hat die Stärkebildung bereits grössere Fortschritte gemacht. Der grösste Theil des chlorophyllführenden Blattgewebes, sowie die Schliesszellen enthalten bereits Stärkemehl, in den Zweigen hat sich besonders im Mark der Stärkegehalt vermehrt.

Am 9. März enthielten fast sämmtliche Assimilationszellen Stärkemehl. Hier konnte man deutlich beobachten, wie die Stärkekörner in der Parenchymscheide sich durch besondere Grösse auszeichnen und keineswegs als transitorische Stärke gelten können. Stärkehaltig waren jetzt auch die Secernirungszellen, sowie das Holz- und Phloemparenchym. Ferner liess sich hier deutlich beobachten, wie die Stärkekörner sowohl an Grösse als an Zahl abnahmen, je weiter dieselben von der Parenchymscheide entfernt waren. Auch in den Zweigen liess sich eine Zunahme an Stärkemehl feststellen. Besonders zeichneten sich sowohl die Secernirungszellen des Holzes als der Rinde durch reichlichen Stärkegehalt aus.

Am 20. März waren sämmtliche Assimilationszellen mit Stärke erfüllt, die Assimilation ist jetzt allgemein. Bis Ende August tritt keine wesentliche Veränderung ein.

Sämmtliches Material wurde Nachmittags zwischen 2 bis 3 Uhr gesammelt.

Das allmählige Verschwinden der Stärke von aussen nach innen zu bei Beginn der Vegetationsruhe, sowie das schnelle Wiedererscheinen derselben im Frühjahr und zwar in umgekehrter Folge von innen nach aussen hin, berechtigt zu der Annahme, dass das Stärkemehl während der Vegetationsruhe in eine andere Verbindung übergeht, um sich bei Vegetationsbeginn wieder zurückzubilden. Es ist mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, dass in den immergrünen Blättern das Amylum in Form von Gerbstoff seinen Winterschlaf hält, um sich bei Beginn der Vegetation wieder in Stärke zurückzubilden. Der Gerbstoff tritt demnach in den

immergrünen Blättern als hervorragender Reservestoff auf. Die Annahme eines Wechselverhältnisses zwischen Stärke und Gerbstoff wird durch folgende Beobachtungen unterstützt.

1. Der allmähligen Abnahme von Stärke von Ende August bis zur völligen Winterruhe entspricht eine beständige Zunahme an Gerbstoff. Umgekehrt tritt bei Beginn der Vegetation, bevor noch eine ergiebige Assimilation stattfindet, ausserordentlich Stärkemehl auf, während der Gerbstoff abnimmt.

2. Da auch in den Blattstielen und Zweigen der immergrünen Blätter Stärkemehl nicht als Reservestoff auftritt, ja sogar den grössten Theil des Winters fehlt, so liegt die Vermuthung nahe, dass die Blätter ihren Bedarf an Kohlehydraten für den Beginn der Vegetationsperiode in Form von Gerbstoff speichern.

3. Die Beobachtung, dass die immergrünen Blätter während der Winterruhe Gerbstoff als Reservestoff speichern, wurde bereits von Westermaier[1]), Schulz[2]), Kutscher[3]), Wiegand[4]), Schell[5]) und Hartig[6]) gemacht.

Ich fand die Beobachtungen dieser Forscher nicht nur mikrochemisch, sondern auch durch die Analyse bestätigt. So fanden sich folgende Mengen Gerbstoff in Procenten der Trockensubstanz.

---

[1]) **Westermaier,** „Zur physiologischen Bedeutung des Gerbstoffes in der Pflanze." Sitzungsberichte der Kgl. Acad. der Wissenschaft. 1885. „Neue Beiträge zur physiologischen Bedeutung des Gerbstoffes." Sitzungsberichte der Kgl. Acad. der Wissenschaft. 1887.

[2]) **Schulz,** „Reservestoffe in immergrünen Blättern." Flora. 1888. Seite 223.

[3]) **Kutscher,** „Ueber die Verwendung der Gerbsäure im Stoffwechsel der Pflanze." Flora. 1883.

[4]) **Wiegand,** „Einige Sätze über die physiologische Bedeutung des Gerbstoffes." Botanische Zeitung. 1862.

[5]) **Schell,** „Physiologische Rolle der Gerbsäure." Just's Jahrberichte. 1875. Seite 872.

[6]) **Hartig,** „Ueber den Gerbstoff der Eiche." Stuttgart. Cotta. 1869.

Gerbstoff	Pinus 1jähr.	Pinus 2jähr.	Buxus	Hedera
im Sommer	4,401	5,468	5,185	5,850
im Winter	6,964	6,710	6,075	6,903

Die Behauptung Wiegand's „Wenn der Gerbstoffgehalt einem periodischen Wechsel unterworfen ist, da fällt das Maximum desselben in den Frühling oder Sommer, als die Zeit der Vegetation, das Minimum in den Winter, als die Zeit der Ruhe", trifft demnach für die immergrünen Blätter nicht zu.

4. Während die Stärke bei Beginn des Winters von aussen nach innen zu verschwindet und am längsten in den Zellen der Parenchymscheide und des Holzparenchymen vorhanden ist, erscheint sie bei Vegetationsbeginn auch zuerst in diesen Elementen und zwar sehr reichlich, während der Gerbstoffgehalt dieser Zellen abnimmt. Auch das Auftreten von Stärkemehl in den Secernirungszellen der Oelräume deutet auf Gerbstoff als Ursprung hin, da diese Zellen während des Winters sehr reichlich damit erfüllt waren.

Auf ein Wechselverhältniss zwischen Stärke und Gerbstoff deuten die Beobachtungen der erwähnten Forscher.

So ist Schell der Ansicht, dass die Gerbsäure als Baustoff diene und aus der Stärke oder Cellulose sich bilden könne. Auch Westermaier sagt: „Doch lasse ich die Frage unerledigt, ob Stärke und Gerbstoff für sich nebeneinander herwandern, ohne in einander überzugehen, oder ob die Stärke in der Form des Gerbstoffes wandert". Seit Sachs ist es bekannt, dass beim Keimen gerbstofffreier Samen der Gerbstoff in der Keimpflanze auch im Dunkeln entsteht, auch beim Austreiben von Zweigen oder Rhizomen im Dunkeln entsteht Gerbstoff in den neugebildeten Zellen.

Chemisch dürfte sich der Vorgang in folgender Weise vollziehen: Aus Zucker wird durch Wasserabspaltung Stärke gebildet, durch weiteren Wasseraustritt entsteht Pyrogallol. Pyrogallol geht durch die in statu nascendi vorhandene

Kohlensäure über in Gallussäure. Aus letzterer entsteht durch weitere Wasserabspaltung Tannin.

Auch die Zurückbildung des Gerbstoffes in Stärke bezw. Zucker lässt sich leicht erklären. Die Gerbstoffe verhalten sich wie Glycoside, sie liefern unter der Einwirkung verdünnter Säure oder gewisser Fermente Zucker. Auch die andere Auffassung, dass der Gerbstoff als ätherartige Verbindung des Dextrins zu gelten habe, führt zu demselben Ergebnisse. Bezüglich des Werthes, den diese Umbildung für die Pflanzen hat, führe ich ausser der Annahme, dass die Gerbsäure die immergrünen Blätter gegen Thierfrass schützen soll, auch die Hypothese von Warning[1]) an. Hiernach dienen die Gerbstoffe infolge ihrer Hygroskopicität als Schutzmittel gegen das Austrocknen im Winter, besonders gegen die gefährlichen kalten und trockenen Winde und endlich als Mittel zur schnellen Wiederherstellung des verloren gegangenen Turgors.

B. Proteinsubstanzen.

Die Beobachtungen, welche ich bereits bei dem mikrochemischen Nachweise der Eiweissstoffe bezüglich ihres Vorkommens und ihrer Speicherung machte, fand ich auch durch die chemische Analyse bestätigt.

Es dienen Wurzeln, Zweige und immergrüne Blätter als Speicher für stickstoffhaltige Reservestoffe, besonders aber für Eiweissstoffe.

An erster Stelle dienen die Wurzeln ausdauernder Krautgewächse, dann folgen die Zweige von Holzpflanzen und die immergrünen Blätter. Wurzeln und Zweige enthalten während der Vegetationsruhe bedeutend mehr Eiweissstoffe als während der Vegetationsperiode.

[1]) **Warning,** Beobachtungen über Pflanzen mit überwinternden Laubblättern. Botan. Centralbl. Band 16. S. 350.

Bei Lathyrus beträgt der Unterschied fast 4 %, bei Medicago sogar über 5 % und bei Syringa über 3 %.

Bei den immergrünen Blättern tritt ausser bei den zweijährigen Kiefernadeln keine wesentliche Erhöhung des sehr reichlichen Eiweissgehaltes ein.

So finden sich in den Buxbaumblättern fast 20 % Proteinstoffe.

Die Eiweissstoffe treten hauptsächlich als Protoplasma, Siebröhrenschleim und Albumine auf. Als hervorragende Speicher dienen die Elemente des Siebtheils und das Kambium.

C. Salpetersäure.

Das Vorkommen der Salpetersäure in der Pflanze ist ein sehr verschiedenes. Frank[1]) machte bezüglich dieser Säure folgende Eintheilung:

»1. Kein Nitrat enthalten die mit Mykorrhiza versehenen Pflanzen.

2. Nur auf die unterirdischen Organe beschränkt ist die Salpetersäure bei den meisten Holzpflanzen und einer grossen Anzahl perennirender Kräuter.

3. Bei einer grossen Anzahl von Pflanzen lässt sich die Salpetersäure bis in die Blätter verfolgen. (Cruciferen, Chenopodiaceen, Amaranthaceen, Solanaceen, Cucurbitaceen, Malvaceen, einjährige Gramineen, viele einjährige Compositen, einige Urticaceen, manche Papaveraceen und Fumariaceen.)«

Bei Beginn der Winterruhe verschwindet dann die Salpetersäure in den meisten Pflanzen und geht in andere organische Stickstoffverbindungen über.

Bei einer Anzahl von Pflanzen findet jedoch eine Ansammlung von Nitrat bei Beginn der Winterruhe statt. Frank schreibt darüber: „Bei manchen Pflanzen bleiben

---

[1]) **Frank**, „Ueber Ursprung und Schicksal der Salpetersäure in der Pflanze". Berichte der deutsch. botan. Gesellschaft. 1887, Bd. V, Heft 10.

auch unverarbeitete Nitrate während des Winters liegen.“ Dieselbe Beobachtung machte Serno.[1]) Derselbe sagt: „Die Salpetersäure wird als Reservestoff während der Winterruhe in den perennirenden Theilen vieler Gewächse aufgespeichert und mit Beginn der Vegetation wieder verarbeitet.“

Vorstehende Beobachtungen fand ich sowohl mikrochemisch als analytisch bestätigt. Während bei Lathyrus der Nitratgehalt im Sommer nur 0,203 % N_2O_5 betrug, war derselbe während des Winters auf 0,359 % gestiegen.

Dagegen war in den Wurzeln von Medicago überhaupt kein Nitrat zu finden, während bei Taraxacum nur während der Vegetationsperiode eine winzig kleine Menge vorhanden war. Ferner zeigten sich in den entblätterten Sprossen von Robina nur im Sommer Spuren von Nitrat, während dasselbe bei Syringa gänzlich fehlte. Ebenso wurden auch die immergrünen Blätter vollkommen nitratfrei gefunden. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden die Nitrate in den meisten Fällen schon in den Wurzelhaaren und allerfeinsten Saugwurzeln zu organischen Stickstoffverbindungen umgesetzt. Eine geringe Anhäufung ist jedenfalls nur auf die unterirdischen Organe einzelner ausdauernder Gewächse beschränkt. Als Reservestoff kommt demnach die Salpetersäure für die vegetativen Organe der Pflanzen nicht in Betracht.

D. Asparagin.

Neuerdings hat man der grossen Bedeutung, welche die Amidoverbindungen im Pflanzenleben einnehmen, mehr Beachtung geschenkt und dieselben eingehender untersucht. Frank sagt darüber in seinem Lehrbuche der Botanik: „Während man früher die Eiweissstoffe als die vorwiegenden

---

[1]) **Serno**, „Ueber das Auftreten und Verhalten der Salpetersäure in den Pflanzen“. Landw. Jahrb. Bd. XVIII, 1889.

oder alleinigen Träger des Stickstoffes in den Pflanzen betrachtete, hat sich immer mehr gezeigt, dass ganz allgemein ein grosser Theil des Stickstoffes in Form von Amiden vorhanden ist, d. h. löslichen und krystallinischen Verbindungen, die als Derivate von Säuren, in welche die Amidgruppe NH_2 eingetreten ist, zu betrachten sind.

Amide sind auch in allen Pflanzen, wo man danach gesucht hat, bis herab zu den Pilzen gefunden worden. Dies steht denn auch damit im Einklang, dass diese Verbindungen jetzt als sehr wichtige Stoffwechselprodukte erkannt worden sind, andererseits aber auch bei der Auflösung der aufgespeicherten Eiweissstoffe wieder entstehen, und die hauptsächlichste Form darstellen, in welcher in der Pflanze die stickstoffhaltigen plastischen Stoffe wandern, also für die letzteren dasselbe leisten,, wie die Glycose für das stickstoffhaltige Material."

Das wichtigste Amid ist zweifellos das Asparagin.

Da es sich in sehr vielen Pflanzen vorfindet und sich unmittelbar an der Ernährung der Zellen zu betheiligen vermag, so prüfte ich die zur Untersuchung gelangenden vegetativen Organe auf diesen Stoff, um Gewissheit zu erlangen, ob und in welchen Pflanzenorganen derselbe als Reservestoff auftritt.

Das Asparagin, das Amid der Asparaginsäure (Amidobernsteinsäureamid), $C_4H_8N_2O_3 + H_2O$, wurde bereits im Jahre 1805 von Vauquelin und Robequet in den Sprossen von Asparagin officinalis entdeckt. Seitdem wurde das Asparagin sowohl in oberirdischen als auch unterirdischen Organen zahlreicher Pflanzen aufgefunden. Nach Boussingault findet sich Asparagin fast immer in den im Dunkeln wachsenden Pflanzen. Das Asparagin entsteht einerseits nach Frank[1]) bei der Assimilation der Salpetersäure und des elementaren Stickstoffes bei Gegenwart kohlenstoffhaltiger organischer Stoffe; andererseits nach den Beob-

[1]) **Frank**, Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft 1886 und 1889. Die Ernährung der Pflanze mit Stickstoff. Berlin, 1888.

achtungen von Hartig, Pfeffer[1]), Borodin[2]), Schulze[3]), Nägeli[4]) bei der Zersetzung von Eiweissstoffen. In der Form dieser leichtlöslichen Verbindung wandert das stickstoffhaltige Material nach den Orten des Wachsthums und der Aufspeicherung zur Bildung stickstoffhaltiger Bau- und Reservestoffe, besonders des Protoplasma und der Aleuronkörner. Sachs schreibt in seiner Pflanzenphysiologie: „Die Bedeutung des Asparagins wurde schon 1858 von Theodor Hartig völlig klar erkannt, wie aus folgender Aeusserung desselben hervorgeht: »Dieses, wie es scheint, allgemeine Vorkommen jenes krystallinischen Stoffes in jedem jugendlichen Zellgewebe deutet darauf hin, dass seine Lösung die Form sei, in welcher die stickstoffhaltige, aus Reservestoffen gebildete Pflanzennahrung von Zelle zu Zelle sich fortbewegt.«“ Das Asparagin vermag sich nicht nur aus Eiweissstoffen zu bilden, sondern ist auch bei Anwesenheit stickstofffreier organischer Stoffe befähigt, sich wieder in Eiweiss zurückzubilden, Was die Nothwendigkeit des stickstofffreien Nährmaterials bei dieser Rückbildung anbelangt, so steht die Ansicht von Pfeffer, der von Schulze, Nägeli und Borodin gegenüber. Pfeffer ist der Ansicht, dass bei fehlender Kohlensäure-Assimilation die Regeneration der Eiweissstoffe verhindert werde und eine Anhäufung von Asparagin stattfinden müsse. Schulze giebt dieser Erscheinung eine andere Deutung, indem er annimmt, dass das fehlende stickstofffreie Material einem Theile der Eiweissstoffe entnommen wurde, wobei letztere in Asparagin, welches zurückbleibt, und in stickstofffreie Verbindungen sich spalten. Diese Ansicht wird durch die Beobachtung Nägeli's unterstützt, wonach Pilze, die nur mit Eiweiss allein

---

[1]) **Pfeffer,** Handbuch der Pflanzenphysiologie. Auflage I. Band I. Seite 292.

[2]) **Borodin,** „Ueber die physiologische Rolle und Verbreitung des Asparagins im Pflanzenreiche“. Botanische Zeitung. 1878.

[3]) **Schulze,** Landwirthschaftl. Jahrb. 1876.

[4]) **Nägeli,** Sitzungsberichte der bairischen Akademie. 1879.

ernährt wurden, aus diesem alle Bestandtheile bildeten. Wurde denselben jedoch daneben Zucker oder ein anderer stickstofffreier Nährstoff geboten, so wurde nur ein ganz geringer Theil der dargebotenen Proteinstoffe verarbeitet. Auch Borodin giebt für die von ihm nachgewiesene Thatsache, dass Asparagin stets als Zersetzungsprodukt auftritt, wenn eine Pflanze arm an stickstofffreien Bestandtheilen ist, eine ähnliche Auslegung, wonach die Eiweissstoffe selbst unter Bildung von Asparagin zersetzt würden. Sobald nun genügend stickstofffreie Stoffe vorhanden wären, würde das Asparagin wieder in Eiweiss zurückgebildet. Welcher von diesen Vorgängen sich im Pflanzenleben abspielt, lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen.

Dass die Amide, besonders das Asparagin, auch als Reservestoffe dienen können, ist bereits von mehreren Forschern nachgewiesen worden. Frank erwähnt dies in seinem Lehrbuche der Botanik mit den Worten: „In den saftreichen perennirenden vegetativen Organen, wie Rüben, Knollen, Wurzeln, können sie sogar als ein Theil des Reservematerials fungiren.“ Auch Pfeffer sagt in seiner Pflanzenphysiologie: „Als Reservestoffe treffen wir Amide in Kartoffeln, Rüben, und vielleicht finden sich dieselben neben Proteinstoffen in den meisten, wenn nicht in allen saftig bleibenden Reservestoffbehältern. Ein endgiltiges Urtheil gestatten die erst in jüngeren Jahren ausgedehnten Untersuchungen noch nicht, ebenso muss es dahin gestellt bleiben, ob Amide ausnahmslos in vegetirenden Pflanzenorganen vorkommen.“

Die bei meinen Untersuchungen gewonnenen Resultate lassen zweifellos erkennen, dass das wichtigste Amid, das Asparagin, in hervorragender Weise als Reservestoff auftritt. Allerdings gilt dies nur von den Wurzeln, bei denen der Asparagingehalt des Winters den des Sommers bedeutend übersteigt. So beträgt in den Wurzeln von Taraxacum der Unterschied fast 1 %.

Diese reichliche Asparagin-Ansammlung in den Wurzeln ausdauernder Krautgewächse deutet darauf hin, dass das

gegen Ende der Vegetationsperiode in die Wurzeln zurückgewanderte Amid bei dem schnellen Absterben der oberirdischen Organe nicht genügend stickstofffreie organische Substanz gefunden hat, um sich in Eiweiss umbilden zu können.

Andererseits ist durch diesen reichen Vorrath an fertiger stickstoffhaltiger Nahrung die Pflanze befähigt, bei Beginn der Vegetation ihre oberirdischen Theile in kurzer Zeit aufbauen zu können.

In den Zweigen der untersuchten Holzgewächse fehlt das Asparagin vollständig. Hier wird es jedenfalls durch andere Amide ersetzt werden.

In den immergrünen Blättern tritt das Asparagin nur in der Vegetationsperiode auf, um gegen den Winter zu vollständig zu verschwinden. Hier stehen dem Asparagin bis in den Winter hinein genügend Kohlehydrate zur Verfügung, um sich bis zum völligen Eintritt der Winterruhe in Eiweissstoffe umbilden zu können.

Nach den gemachten Beobachtungen erscheint die Folgerung berechtigt, dass das Asparagin hauptsächlich einerseits in den unterirdischen Organen, andererseits nur in ganz jugendlichen und saftigen Pflanzentheilen sich vorfindet.

Zusammenstellung der gefundenen Resultate.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Während von den stickstofffreien Stoffen die Stärke in den Wurzeln ausdauernder Kräuter und in den Zweigen der Holzgewächse in hervorragender Weise als Reservestoff auftritt, verschwindet dieselbe in den immergrünen Blättern gegen den Winter zu vollständig.

2. In diesen Blättern lässt sich dagegen nach Ablauf der Vegetationsperiode eine bedeutende Zunahme von Gerbstoff feststellen.

3. Die darauf bezüglichen Beobachtungen lassen die Folgerung berechtigt erscheinen, dass ein Wechselverhältniss zwischen Stärke und Gerbstoff besteht, und dass letzterer gleichsam die Form darstellt, in welcher die Stärke ihren Winterschlaf hält, um sich bei beginnender Vegetation wieder in Zucker bezw. Stärke zurückzubilden.

4. Die Frage nach dem Zwecke dieser Umbildung lässt sich dahin beantworten, dass die immergrünen Blätter in der Gerbsäure einerseits ein vorzügliches Mittel gegen Thierfrass und Fäulniss besitzen, andererseits vermöge der Hygroskopicität diese Säure gegen das Austrocknen im Winter geschützt sind.

5. Wurzeln, Zweige und immergrüne Blätter dienen als hervorragende Speicher für stickstoffhaltige Reservestoffe.

6. Als die wichtigsten stickstoffhaltigen Reservestoffe sind die Proteinstoffe zu bezeichnen.

7. In den Wurzeln und Zweigen ist der Gehalt an diesen Substanzen im Winter ganz bedeutend höher als im Sommer. In den immergrünen Blättern ist die Zunahme weniger bedeutend, dahingegen ist in diesen Organen der Gehalt an Eiweissstoffen ausserordentlich reichlich.

8. Die Salpetersäure ist als Reservestoff nur auf die Wurzeln einzelner Krautgewächse beschränkt.

9. Salpetrigsaure Salze und Ammoniumverbindungen fehlen anscheinend den Pflanzen gänzlich.

10. Asparagin tritt in den Wurzeln ausdauernder Kräuter als hervorragender Reservestoff auf. In den oberirdischen vegetativen Organen dient es nur als Wanderungsstoff für das stickstoffhaltige Material.